

낙동강 유입 부유폐기물 해상이동경로 추적시험

유정석, 이문진⁽¹⁾, 노준혁, 윤성환, 김명훈⁽²⁾

Tracking Experimentation of Floating Debris Drained From Nak-Dong River

by

J. S. Yu, M. J. Lee⁽¹⁾, J. H. Rho, S. H. Yoon and M. H. Kim⁽²⁾

요 약

홍수시 강에서 유입되는 폐기물은 육상기인 해양폐기물의 상당량을 차지한다. 강에서 해양으로 유입된 폐기물은 침적폐기물과 부유폐기물로 구분되며, 부유폐기물은 바람이나 해수의 유동에 따라 타지역으로 이동 및 확산되는 특성이 있다. 본 시험은 낙동강에서 유입되는 부유폐기물의 이동경로를 조사하기 위하여, DGPS가 장착된 3개의 부위를 제작, 낙동강 하구에서 투척, 매시간 이동경로를 확인하였다. 시험결과 낙동강에서 유출된 부유 폐기물은 다대포 항주위에 집적되거나 부산항을 거쳐 동해안으로 이동하는 것을 확인하였으며, 조류에 의한 영향보다 바람에 의한 취송류와 해류에 의한 영향이 지배적이었다. 본 시험의 결과를 해양연구원 해양시스템안전연구소에서 개발한 부유폐기물 확산모델(MAPCNTR)과 비교한 결과 비교적 잘 일치하였다.

Abstract

When a flooding a lot of debris are drained from river. Drained debris separated lodgement debris and floating debris, and floating debris moving other region by wind and ocean current. This experimentation throw three buoys which installed with DGPS and other devices in nak-dong river, and check there location every minute. In consequence of this experimentation, floating debris drained nak-dong river are gathered near Dadaepo seaside or drifted Dong hae. Ocean current and wind driven current are largely influenced then tide. Numerical analysis calculated by MAPCNTR(develop by KRISO) is similar to the result of this experimentation.

Keywords: Floating debris, Tracking, MAPCNTR, DGPS, Buoy, Nak-dong river.

1. 서 론

해양폐기물의 주요 발생원인은 육상으로부터의 유입에 의한 육상기인과 각종 해난사고, 해상작

업 및 어업작업을 통해서 발생하는 해상기인으로 분류할 수 있으며, 육상기인으로 인하여 유입되는 오염물질은 전체 유입의 75~85%를 차지하고 있는 것으로 조사되고 있다. 육상기인으로

(1) 정회원, 한국해양연구원

(2) 정회원, 세호코리아

인한 해양폐기물의 주요 발생원인은 육상투기폐기물의 하천을 통한 유입과 해양휴양지의 상업·주거지역에 의한 불법투기이며, 이로 인한 피해는 해변의 환경파괴와 해양오염은 물론이고, 해양생태계의 파괴, 어족 감소로 인한 지역경제의 악화, 미관 훼손으로 인한 관광객 감소와 반복적인 정화비용 발생을 초래한다(해양수산부[2001]).

해양에 투기되는 폐기물은 일정시간이 경과하면 해면 아래로 가라앉는 침적 폐기물과 부유폐기물로 구분할 수 있으며, 부유폐기물이란 인간의 활동이나 자연재해에 의하여 버려지는 물질 가운데 물위에 뜨는 모든 고형 물질을 의미한다. 하천에서 유출되는 폐기물 중 부유폐기물은 바람이나 해수의 유동에 따라 타지역으로 이동 및 확산되는 특성이 있다. 따라서 부유폐기물의 확산분포를 예측하고 이동 및 집적위치 정보를 실시간으로 제공하는 것은 해양폐기물 수거 작업을 효과적으로 수행하기 위한 선결적인 연구 과제이다.

이에, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서는 하천에서 유출되는 육상기인 부유폐기물의 확산분포를 전산모사하고, 이동 및 집적 위치를 추정하기 위하여 해양확산 모델링 기법을 이용한 부유폐기물 확산 모델인 “MAPCNTR”을 개발하였다(해양수산부[2000]). 본 시험은 “MAPCNTR”의 신뢰성 여부를 검증하고, 나아가 보다 정확한 부유폐기물의 이동 및 집적위치, 확산분포예측을 위한 자료로 활용하기 위하여 실시하였다.

2. 시험 준비

2.1 낙동강 유역의 부유폐기물 현황

본 시험에서 낙동강을 시험대상으로 선택한 이유는 거제도의 외포항에서 채집되는 부유폐기물이 낙동강 유역에서 유출된 것으로 추측되어져 거제시와 부산광역시와의 지역간 문제로 비화되어 이를 확인하기 위함이다. 낙동강 하구에는 ‘낙동강 홍수통제소’가 있어서 장마, 집중호우, 태풍 등 각종 기상현상에 의한 낙동강수계의 홍수피해가 예상될 때 수계의 조절 및 관리 업무를 수행하고 있다. 낙동강의 수문은 평상시에는 닫혀 있거나, 일부만 조금 열려 있다가 큰 홍수가 발생하면 수문을 열어 수위를 조절한다. 수문

이 완전히 열리면 낙동강 지류 주위의 부유폐기물들이 하구인 수문 안쪽에 유출대기 상태에 있다가 해양으로 유입된다. Fig. 1은 낙동강 하구인 수문 안쪽에 집적하여 있는 부유폐기물들이다. 참고로, 낙동강 하구인의 수문은 경남 진동 관측소의 수위가 3.61m를 기준으로 그 이상이면, ‘낙동강 홍수통제소’에서 수문을 열게 된다. 이는 그 해의 기상상태 따라 1년에 수회 또는 1회도 하지 않을 수 있다(낙동강홍수통제소).

2.2 시험 장비

2.2.1 위치 추적용 Buoy

부유폐기물의 이동경로를 추적하기 위하여 부유폐기물과 같이 해상에 떠다니면서 위치 정보를 발신할 수 있는 위치 추적용 Buoy를 제작하였다.

부유폐기물의 확산 검증을 위하여 3개의 Buoy를 제작하였으며, DGPS(Differential Global Positioning System)를 내부에 장착하였다. 그리고 DGPS의 위치정보를 육상이나 선박 기지국으로 전송할 수 있는 통신 장비를 탑재하였으며, 1분당 1회씩 전송할 수 있도록 설정하였다. Buoy의 위치정보는 육상과 해상에 기지국에서 수신하였다.

2.2.2 위치확인용 프로그램

Buoy 위치 데이터 수신장비로 전달되는 데이터는 Buoy 내에 장착된 DGPS기기에서 생성된다. 이들 값을 관측자가 편리하게 확인할 수 있도록 위치확인 프로그램을 사용하였다. 이 프로그램은 실시간으로 Buoy의 위치가 표시되도록 하였으며, 일정한 시간마다 Buoy에 대한 각종 데이터(Buoy번호, 발신 연월일 및 시간, 위도, 경도, 속력)를 컴퓨터에 저장되도록 하였다.

2.2.3 Buoy시험 일정 및 시험 방법

남부지역의 장마나 홍수로 인하여, 낙동강 홍수통제소의 수문이 모두 열리는 시기는 많은 양의 부유폐기물이 해양으로 유입되는 시기로서 최상의 시험 조건이 된다. 본 시험에서는 부유폐기물의 유입이 많은 홍수 시기를 대상으로 시험일정을 준비하였다. 그러나 2001년에는 동해남부지역에 특별한 홍수나 태풍의 피해가 발생하지 않아

낙동강 유입 부유폐기물 해상이동경로 추적시험

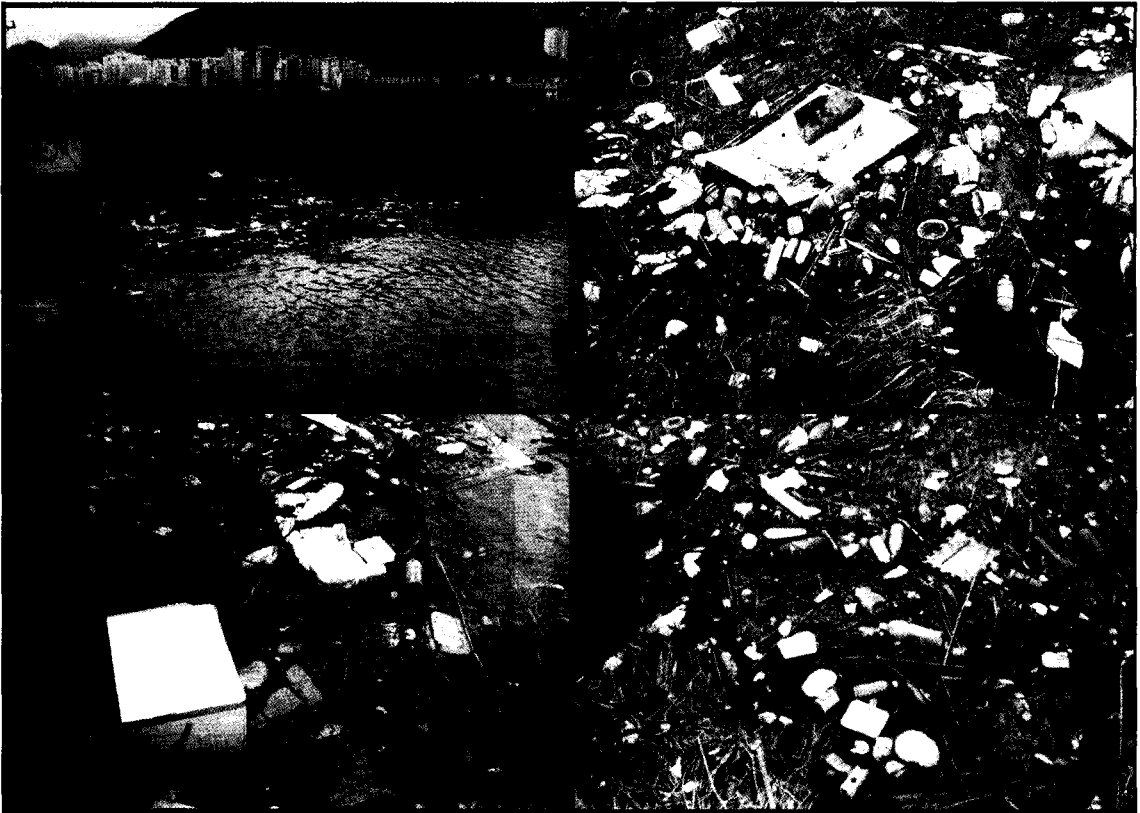


Fig. 1 Floating debris gather round nak-dong river.

Table 1 Specification of tracking buoy.

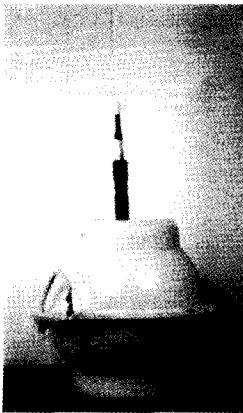
	Buoy 구성기기	특 징
	Glass Ball	지름 43cm
	VHF Radio	<ul style="list-style-type: none"> · 주파수범위 : 144~146MHz · 안테나 임피던스 : 50 ohm · 출력 : 5W · 변조방식 : Reactance
	GPS	<ul style="list-style-type: none"> · 수신기 : 12 Channel, DGPS Ready · 업데이트 속도 : 1Hz, 연속적 · 위치 정확도 : 5m rms · 속도 정확도 : 0.1 knot rms
	DGPS Beacon Receiver	<ul style="list-style-type: none"> · 입력 : RTCM SC-104 · 출력 : NMEA0183 · 정확도 : 1m rms · DGPS 정보 수신가능



Fig. 2 Buod location check program.

Table 2 Weather condition during experimentation.

Day	Weather	Temp. (high)	Wind speed	Wind dir.	rainfall
01.10. 9.	storm warning	21.0°C	3.2m/s	WNW	50.5mm
01.10.10.	storm warning	22.5°C	2.8m/s	WNW	1.5mm
01.10.11.	cloudless	24.6°C	2.5m/s	WNW	-
01.10.12.	cloudless	23.7°C	2.4m/s	WNW	-
01.10.13.	cloudless	25.0°C	2.3m/s	WNW	-

낙동강 홍수통제소에서 수문을 완전히 개방하는 날이 없었다. 따라서 태풍이나 홍수시의 기상상태를 고려하여 폭풍주의보가 발령된 시기를 시험기간으로 선택함으로써 시험의 타당성을 높였다. 시험기간은 2001년 10월 9일부터 10월 13일까지 5일간 수행하였다.

본 시험을 위하여 사전 조사한 결과 낙동강 하구언 수문입구에서 Buoy를 투척하는 것이 가장 적당하다. 그러나 낙동강 하구언 주위에는 많은 양식장이 있어 Buoy가 양식장에 걸릴 것으로

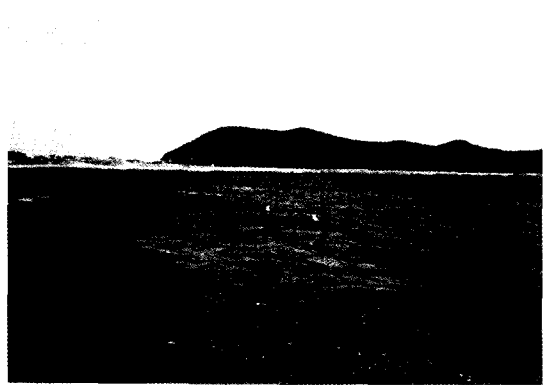


Fig. 3 Buoys are moving to Dadaepo seaside.

예상되어, 하구언 외곽에서 Buoy를 투척하기로 하였다. 낙동강 하구언의 홍수통제소 수문에서 하구언 외곽까지는 수로형태로 강변이 잘 정리되어 있으므로, 하구언 외곽에 Buoy를 투척하여도 수문입구와 비교하여 볼 때 결과에는 영향이 없을 것으로 판단된다. 시험은 Buoy 3개를 총 3회에 걸쳐 낙동강 하구언에 투척하였다.

3. 시험 결과

3.1 1차 시험 결과

낙동강 하구언의 삼각주가 끝나는 위치에서 1차 시험을 위해 Buoy를 투척하였다. 선박에서 Buoy를 투척한 후 Buoy로부터 전송된 위치 신호는 북위 35°3.00', 동경 128°57.43'이었다. Table 2의 기상상태에서 알 수 있듯이 서북서(WNW)풍의 영향으로 Buoy는 다대포 해안 부근으로 이동하였다. Fig. 3은 다대포 부근에서 이동중인 Buoy를 나타내고, Fig. 4는 이동경로를 나타낸다. Buoy는 투척 후 14분 후에 다대포 해수욕장 근처인 북위 35°2.95', 동경 128°57.51'에 도달하였다.

시험결과 3개의 Buoy는 거의 확산하지 않고 이동하였다. 이는, 낙동강 하구언의 수문이 열리지 않음으로서 낙동강에서 유입되는 강물의 유량이 적고 유속이 작아 이동 및 확산이 적었던 것으로 판단된다.

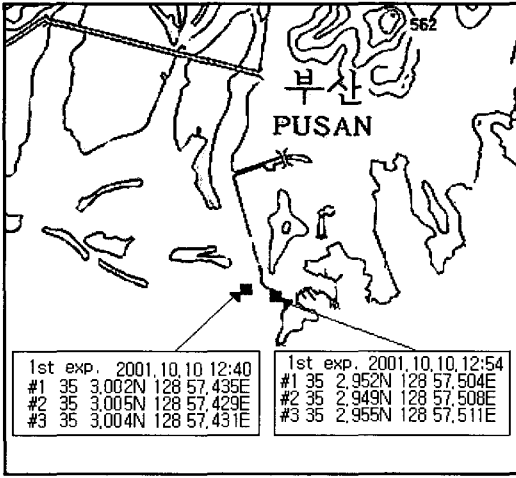


Fig. 4 Buoy moving course(1st exp.).

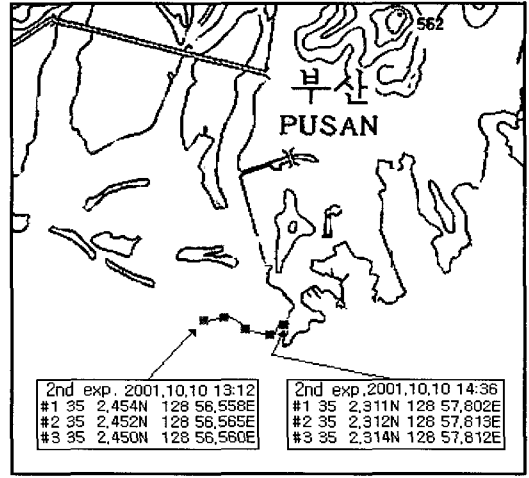


Fig. 5 Buoy moving course(2nd exp.).

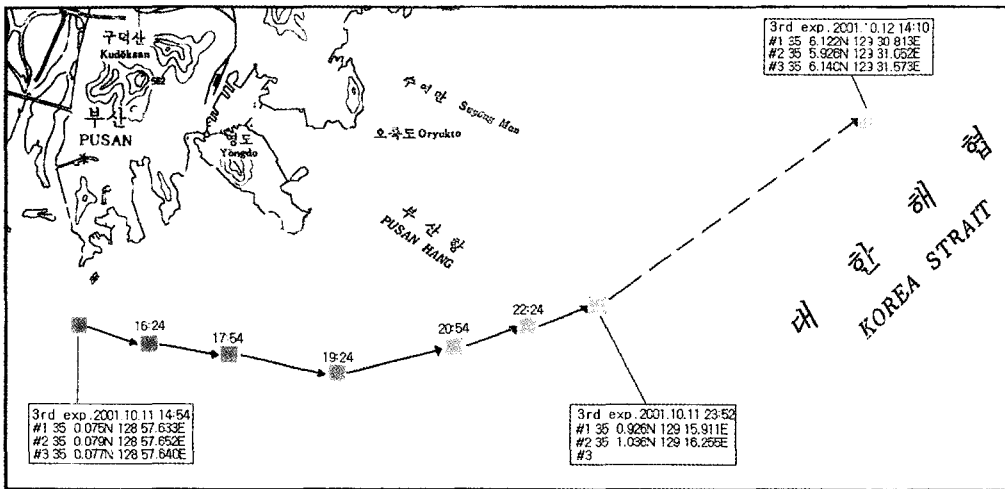


Fig. 6 Buoy moving course(3rd exp.).

3.2 2차 시험 결과

2차 시험은 바다로 유입되는 낙동강의 유속으로 부유폐기물이 삼각주 외곽까지 밀려나온 것으로 간주하여 3개의 Buoy를 투척하였다. 선박에서 Buoy를 투척한 후 Buoy로부터 전송된 위치 신호는 북위 35°2.4', 동경 128°56.5'이었으며, 1차 시험과 같이 서북서(WNW)풍의 영향으로 남해 방향으로 빠져나가지 못하고 Fig. 5와 같이 다대포 해안가인 북위 35°2.3'분, 동경 128°57.8'으로

이동하였다. 이날 낙동포 영역의 조류를 살펴보면, 13시 30분을 기점으로 썰물이 시작되어, 썰물의 영향을 받아 Buoy가 남해 방향으로 밀려날 것으로 추측하였다. 그러나 썰물보다 바람이 큰 영향인자로 작용하여 남쪽에서의 이동은 거의 없었다. Buoy 투척 후 14시 36분까지 동쪽으로 계속적인 이동이 있었으나, 그 이후로는 Buoy의 이동이 정지하여 전송되는 위치정보가 거의 일정하였다. 2차 시험에서 Buoy가 이동한

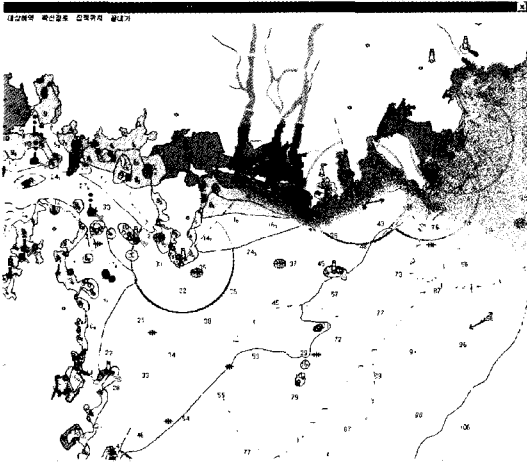


Fig. 7 Simulation of nak-dong river floating debris diffusion by MAPCNTR.

지역은 홍수 발생시 많은 부유폐기물이 집적되는 곳으로 해안에는 다양한 종류의 부유폐기물들이 분포되어 있었다.

3.3. 3차 시험 결과

1, 2차 시험의 결과를 바탕으로 3차 시험은 낙동강에서 유입되는 유량이 대단히 많고, 유속이 커서 부유폐기물이 낙동포를 빠져나갔을 경우를 가정하여 낙동포와 북형제도 중간 지점에서 Buoy를 투척하였다. 선박에서 Buoy를 투척한 후 Buoy로부터 전송된 위치 신호는 북위 35°0.0', 동경 128°57.6'이었으며, 1, 2차 시험과 같이 서북서(WNW)풍의 영향으로 부산항 방향으로 약 1 knot의 속도로 이동하였다. 이동 중 11일 15시 30분경에 조류가 밀물에서 썰물로 바뀌면서 속도는 더 늘어나 평균 1.8 knot의 속력으로 부산항을 통과하였으며, Buoy의 이동경로는 Fig. 6과 같다. 11일 22시 24분 경 부산해역을 완전히 빠져나간 Buoy는 지상기지국과의 거리가 점점 멀어짐에 따라 육상기지국인 차량도 다음날 12일 4시 30분경까지 동해 남부해안을 따라 울산 간절곶까지 위치를 이동하면서 Buoy의 위치 데이터 신호를 받으려고 노력하였으나, 11일 23시 52분 이후 더 이상 신호를 받을 수 없었다. 12일 12시경 다대포에서 해상기지국인

Buoy 추적용 선박으로 출발, 전날의 Buoy의 위치 신호 유실위치까지 이동 후 Buoy의 이동경로를 예측하여 대한해협인 북위 35°6.0' 동경 129°31.0'에서 Buoy를 수거하였다.

4. 결 론

본 시험은 홍수시 낙동강에서 유출되는 부유폐기물의 이동경로를 추적하고자 하였으나, 시험이 시행된 2001년은 낙동강연안에 홍수가 발생되지 않음으로 인하여 홍수시의 부유폐기물 이동경로를 확인하지 못하였다. 따라서 보다 정확한 자료를 축적하기 위하여 홍수시 낙동강 부유폐기물 이동경로 시험이 수행을 수행하여야 할 것으로 판단된다. 또한, 홍수시 폐기물 차단막을 설치하여 부유폐기물을 수거한 후 낙동강을 통하여 유입되는 부유폐기물의 성상을 파악하는 것이, 적절한 해양오염방지 대책을 수립하는데 효과적인 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 시험결과 낙동강에서 유출된 부유폐기물은 다대포항 주위에 집적되거나, 부산항을 거쳐 동해안으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 또한, 본 시험에서는 부유폐기물의 이동은 바람에 의한 취송류와 해류에 의한 영향이 지배적이며, 조류에 의한 영향은 상기의 조건에 비하여 낮은 것으로 확인되었다.

“MAPCNTR”을 이용하여 낙동강 유역의 부유폐기물 이동확산 상태를 전산모사한 결과인 Fig. 7과 본 시험을 비교하면, Buoy의 이동경로가 서로 유사하여 “MAPCNTR”은 신뢰성을 갖는 프로그램이라 판단된다. 부유폐기물은 태풍이나 홍수시 다량으로 바다에 유입되어 해양환경을 파괴한다. 따라서 “MAPCNTR”을 이용하여 부유폐기물이 확산되는 이동경로를 예측하여 부유폐기물 수거선박을 투입하면 보다 신속하게 다량의 부유폐기물을 수거할 수 있을 것이다.

본 시험을 통하여 낙동강 주변해역에 대한 “MAPCNTR”의 신뢰성은 일부 검증이 되었으며, 향후, 부유폐기물 이동 확산모델링의 자료를 구축하기 위하여 한강, 금강, 영산강에 대한 시험도 수행하여 하여야 할 것으로 판단된다. 나아가, 부유폐기물 유입가능성이 있는 기타하천들에 대한 부유폐기물 이동경로의 전산모사와 함께 추적 시험 및 성상확인을 통하여, 바다로 유입되

는 부유폐기물로 인한 해양오염 피해를 최소화할 수 있는 대책을 수립하기 위한 자료를 구축하여야겠다.

후 기

본 연구결과는 해양수산부 지원으로 수행된 “해양폐기물 종합처리시스템 개발(Ⅲ)” 과제의 일부 분임을 밝힌다.

참고문헌

- [1] 해양폐기물 종합처리시스템 개발(Ⅰ), 해양수산부, 2000.
- [2] 해양폐기물 종합처리시스템 개발(Ⅱ), 해양수산부, 2001.
- [3] 김도현 외, “제어시스템공학”, 홍릉과학출판사, 2001.
- [4] 신현기 외, “전파와통신관계법규”, 광문각, 2001.
- [5] 강승찬 외, “정보통신시스템”, 다산서고, 2001.
- [6] <http://www.nackdongriver.or.kr>, 낙동강홍수통제소.
- [7] <http://www.nori.go.kr>, 국립해양조사원.
- [8] <http://www.kweather.co.kr>, (주)케이웨더.